

Pemodelan Inversi 3D Daerah Panas Bumi Berbasis Data Anomali Magnetik di Kota Agung dan Sekitarnya, Provinsi Lampung

Sepbriyan Rizky Saputra^{a*}, Yoga Satria Putra^a, Aji Suteja^b, Muhardi^a

^aProdi Geofisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

^bPusat Survei Geologi, Bandung

*Email : Sepbriyanr@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang pemodelan 3 Dimensi berbasis data anomali magnetik untuk mengetahui struktur bawah permukaan telah dilakukan di Kabupaten Tanggamus dan Kabupaten Lampung Barat. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diambil dengan cara mendigitasi peta anomali magnet total. Pemisahan anomali regional, analisis turunan mendatar pertama (*First Horizontal Derivative*), dan pemodelan inversi 3D telah dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi panas bumi yang cukup besar di sekitar Kota Agung dan Gunung Sermaun dengan Sebaran nilai anomali magnetik dari -362,7 nT hingga 602,4 nT. Hasil analisis turunan mendatar pertama menunjukkan adanya beberapa patahan yang diduga sebagai jalur bagi fluida panas untuk mengalir ke permukaan. Hasil pemodelan inversi 3D menunjukkan struktur lapisan bawah permukaan Kota Agung bahwa reservoir panas bumi terdapat pada kedalaman 3000 meter, berupa batu pasir, batu lempung, batu lanau, dan batuan yang mengandung mineral non magnetik dengan rentang nilai -0,005 SI hingga -0,002 SI.

Kata Kunci : *Magnetik, Kota Agung, Model Inversi, Panas Bumi.*

1. Latar Belakang

Panas bumi (*geothermal*) merupakan sumber energi panas yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai energi alternatif dalam memenuhi kebutuhan manusia yang semakin meningkat terhadap energi yang terbarukan dan ramah lingkungan. Energi panas bumi berasal dari adanya proses konveksi (perambatan melalui fluida) maupun konduksi (perambatan melalui batuan) yang ada di dalam bumi dan muncul ke permukaan berupa air panas atau uap panas [1]. Panas bumi merupakan sumber daya panas alami, hasil interaksi antara panas dari magma ke batuan dan air tanah yang berada di sekitarnya. Fluida panas akan terperangkap di dalam batuan yang terletak di dekat permukaan sehingga secara ekonomis dapat dimanfaatkan [2].

Pemanfaatan potensi panas bumi suatu lokasi membutuhkan suatu proses penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi panas bumi. Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menganalisis dan mengkarakterisasi sifat-sifat magnetik suatu bahan dengan cara mengkaji kepekaan magnetik suatu bahan (nilai suseptibilitas). Metode ini dapat digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi bawah permukaan. Dengan mengetahui struktur geologi bawah permukaan akan sangat membantu dalam interpretasi struktur dasar dan patahan yang mungkin dijadikan jalur keluar fluida panas bumi. Di daerah yang terdapat potensi panas

bumi larutan hidrotermal dapat menimbulkan perubahan sifat kemagnetan batuan. Adapun salah satu perubahan yang terjadi antara lain demagnetisasi yaitu berkurangnya sifat kemagnetan dari bahan [3]. Oleh karena itu, penelitian dengan menggunakan metode magnetik dapat digunakan untuk melokalisasi daerah anomali magnet yang diduga memiliki kaitan dengan manifestasi panas bumi.

Beberapa penelitian telah menunjukkan hasil interpretasi daerah panas bumi menggunakan metode magnetik [5, 6]. Penelitian di area panas bumi Patuha telah menunjukkan adanya anomali magnetik berupa tufa dan terfa lapili, piroklastik andesit, breksi andesit dan basaltik andesit dengan variasi nilai suseptibilitas, dari -0,03 hingga 0,25 (dalam cgs) [5]. Anomali magnetik di sekitar manifestasi disebabkan oleh lapisan batuan permiabel. Lapisan ini diperkirakan sebagai reservoir yang diprediksi sebagai andesit yang lebih muda dan menjadi sumber energi panas bumi.

Penelitian di Desa Tinggi Raja telah mengidentifikasi titik panas bumi menggunakan metode magnetik. Diketahui bahwa adanya variasi kuat intensitas medan magnet di setiap titiknya. Dari hasil interpretasi kualitatif, nilai anomali magnetik berada pada -11,8533 nT sampai 34,6033 nT [6]. Sedangkan hasil interpretasi menunjukkan adanya batuan sedimen dan kalsit, dengan nilai suseptibilitas -0,002, 0,002, 0,006, dan 0,015. Penelitian juga menunjukkan bahwa potensi panas bumi sangat

besar untuk menjadi pembangkit listrik utama di Desa Tinggi Raja.

Salah satu daerah di Indonesia yang memiliki pembangkit listrik tenaga panas bumi adalah Provinsi Lampung, yang mempunyai sebuah Pembangkit Listrik tenaga panas bumi yaitu PLTP Ulubelu yang terletak di Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus. Struktur geologi Kota Agung mempunyai banyak gunung api aktif maupun tidak aktif yang berusia kuartar. Sehingga terdapat beberapa titik indikasi potensi sumber panas bumi yang memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan. Dalam rangka mengetahui sebaran titik potensi sumber dan manifestasi panas bumi di Kota Agung, maka perlu dilakukan penelitian struktur lapisan bawah permukaan Kota Agung dengan menerapkan pemodelan yang berbasis data anomali magnetik.

2. Metodologi

Lokasi kajian tentang daerah panas bumi dipilih pada lokasi sekitar Kecamatan Kota Agung, dengan koordinat 5° LS - 6° LS, $103^{\circ} 44'$ BT - 105° BT, seperti pada Gambar 1. Data yang digunakan merupakan data hasil digitasi peta anomali magnet lembar Kota Agung, skala 1:250.000 [4]. Penelitian dimulai dengan proses digitasi peta menggunakan aplikasi *Global Mapper* dengan tujuan untuk mendapatkan nilai digital anomali magnet pada lokasi tersebut sehingga dapat diproses pada aplikasi pendukung lainnya.

Data hasil digitasi kemudian dilakukan *export* ke *Microsoft Excel* dengan tujuan untuk mengelompokkan nilai anomali magnet berdasarkan titik koordinatnya masing masing. Reduksi ke kutub dilakukan di *Oasis Montaj* untuk mengurangi pengaruh pengaruh anomali magnet luar. Sedangkan koreksi IGRF yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh medan utama magnet bumi dengan memasukkan nilai inklinasi dan deklinasi lokasi penelitian yaitu inklinasi sebesar $-29,8^{\circ}$ dan deklinasi sebesar $0,2^{\circ}$.

Setelah direduksi data tersebut dapat dipisahkan lagi menjadi dua anomali magnet yaitu anomali magnet regional dan anomali magnet residual. Pemisahan anomali regional dilakukan dengan proses perhitungan *upward continuation* dengan jarak pengangkatan 100 meter, setelah didapatkan anomali magnet regional peneliti melakukan *filtering* lanjutan pada anomali magnet regional yang berupa *filtering Horizontal derivative* dengan tujuan untuk memperoleh informasi tambahan tentang kontak batuan dan patahan patahan yang ada pada lokasi tersebut.

Data anomali magnet regional dan hasil *filtering regional horizontal derivative* tersebut maka dapat dijadikan acuan dalam membuat pemodelan inversi 3D. Setelah didapat hasil yang berupa model inversi 3D lapisan bawah permukaan Kota Agung maka penelitian dilanjutkan dengan proses interpretasi data.



Gambar 1. Lokasi kajian penelitian daerah panas bumi Kota Agung, Lampung

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Anomali Magnet Total

Gambar 2 (a) merupakan peta anomali magnet total Kota Agung, Lampung yang dibuat oleh tim dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, peta tersebut telah dilakukan koreksi harian (diurnal) dan IGRF. Gambar 2 (b) merupakan peta anomali magnet total Kota Agung yang telah didigitasi dan *dioverlay* pada peta geologi Kota Agung, Lampung. Nilai medan magnet pada daerah penelitian dikelompokkan menjadi tiga kelompok medan magnet, yaitu: medan magnet rendah yang ditunjukkan dengan warna biru gelap sampai hijau muda dengan nilai -288,7 nT hingga 7,5 nT. Medan magnet sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning sampai oranye dengan nilai 13,3 nT sampai 111,2 nT. Medan magnet tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah sampai ungu muda dengan nilai lebih dari 123,3 nT. Medan magnet rendah tersebar pada bagian Timur Laut dan beberapa bagian tepian lokasi kajian penelitian. Medan magnet sedang tersebar di bagian Selatan hingga Barat Laut dan beberapa di bagian Timur lokasi kajian penelitian. Medan magnet tinggi tersebar pada bagian Tengah dan Barat Laut lokasi kajian penelitian.

3.2. Anomali Magnet Reduksi Ke Kutub

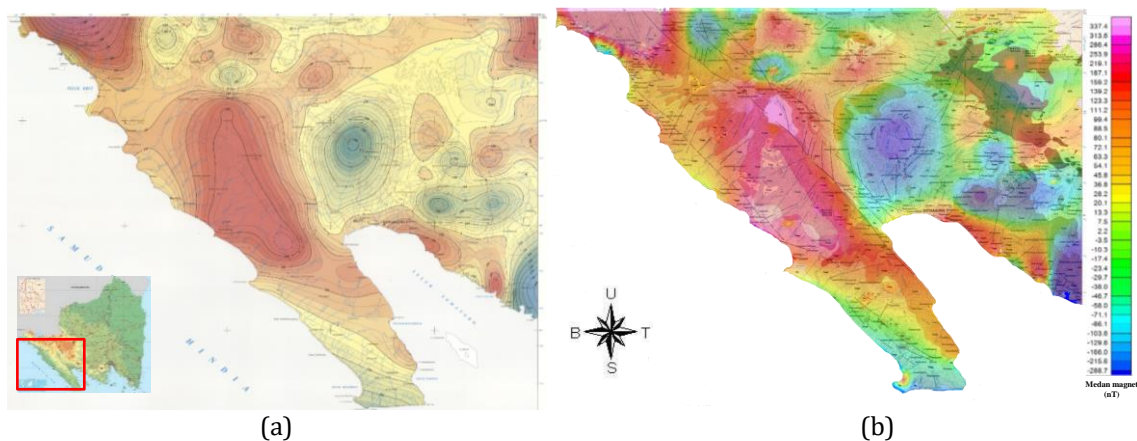
Dengan transformasi reduksi ke kutub ini diharapkan dapat menghasilkan suatu pola anomali magnetik yang bersifat monopol, sehingga dapat memudahkan proses interpretasi karena lebih dapat menggambarkan sebaran anomali magnetik lokasi penelitian.

Gambar 3 merupakan anomali magnet total yang telah diberikan transformasi reduksi ke

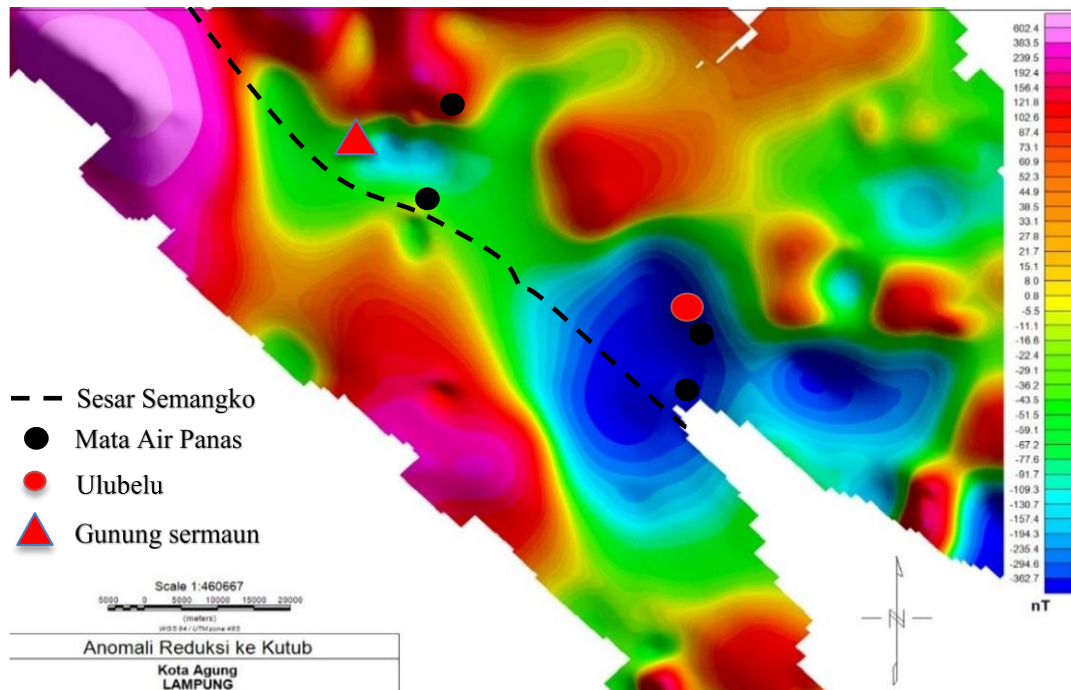
kutub, diperoleh hasil yang berbeda dibanding dengan anomali magnet sebelumnya. Hal ini dikarenakan sudut inklinasi pada lokasi kajian sebesar $-29,8^\circ$ telah ditransformasikan menjadi 90° dan sudut deklinasi sebesar $0,2^\circ$ ditransformasikan menjadi 0° . Terlihat adanya penguatan nilai anomali rendah pada daerah Ulubelu Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus dan pada daerah Barat Laut Kota Agung yaitu sekitaran Gunung Sermaun yang ditunjukkan dengan skala warna biru muda hingga biru tua dengan nilai anomali magnetik sebesar -77,6 nT sampai -362,7 nT.

3.3 Peta Anomali Magnet Regional

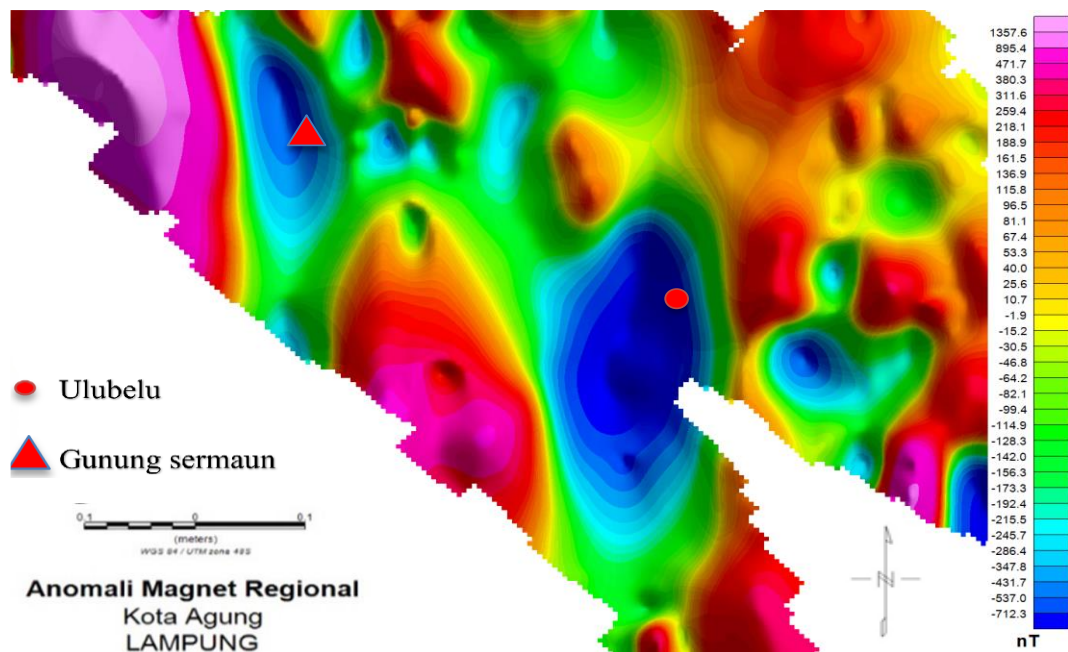
Anomali magnetik reduksi ke kutub dapat diproses lebih lanjut sehingga dapat menghasilkan anomali magnetik regional dan residual. Pada penelitian ini hanya mengkaji berdasarkan anomali magnetik regional dikarenakan karakteristik dari filter regional dan karakteristik panas bumi pada umumnya hanya dapat diidentifikasi pada kedalaman yang cukup dalam, sedangkan filter residual hanya membaca anomali magnetik dangkal. Gambar 4 merupakan anomali magnet regional yang diperoleh berdasarkan proses transformasi kontinuitas ke atas (*upward continuation*), transformasi ini digunakan untuk mengurangi frekuensi tinggi dan *noise* sehingga dapat menampilkan medan magnet pada struktur atau lapisan yang lebih dalam. Pada anomali magnet regional terlihat adanya perbedaan rentang nilai medan magnet rendah, sedang hingga tinggi pada daerah Ulubelu, Kota Agung dan daerah Gunung Sermaun Lampung Barat.



Gambar 2. Peta anomali magnet total Kota Agung, (a) sebelum didigitasi, (b) sesudah didigitasi dan *dioverlay* ke peta geologi regional Kota Agung [4].



Gambar 3. Peta anomali magnet Kota Agung reduksi ke kutub



Gambar 4. Peta anomali magnet regional

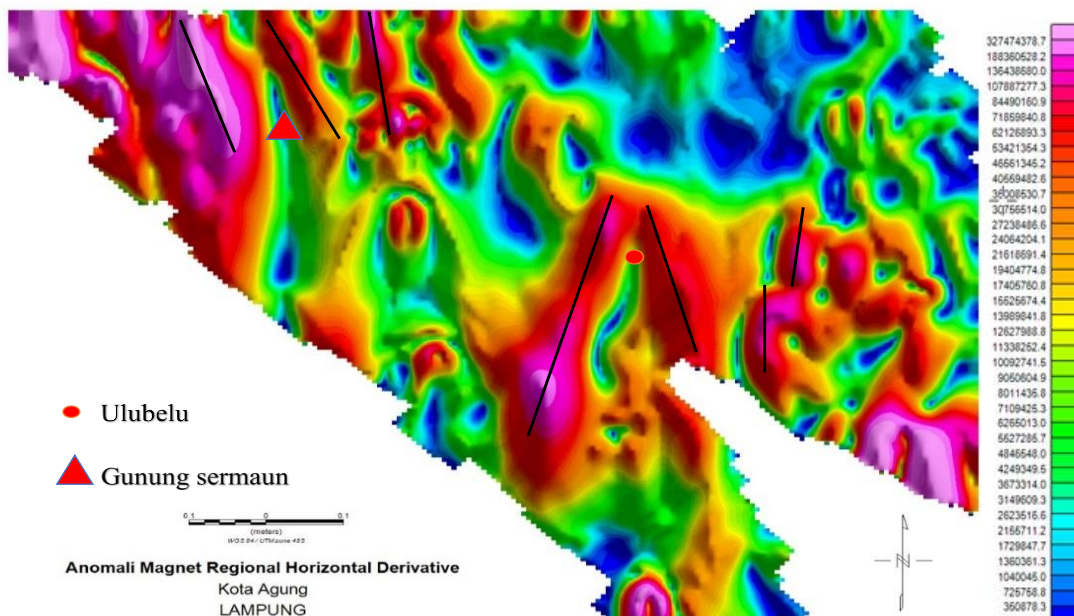
Medan magnet regional yang tinggi mempunyai nilai dari rentang 115,8 nT sampai 1357,6 nT yang ditandai dengan warna merah sampai ungu muda. Lalu nilai dari rentang 98,5 nT sampai -99,4 nT merupakan nilai medan magnet regional sedang yang ditandai dengan warna hijau muda hingga jingga. Lalu untuk medan magnet regional rendah dengan rentang nilai -173,3 nT sampai -712,3 nT yang ditandai dengan warna biru muda hingga biru tua.

3.4 Struktur Bawah Permukaan

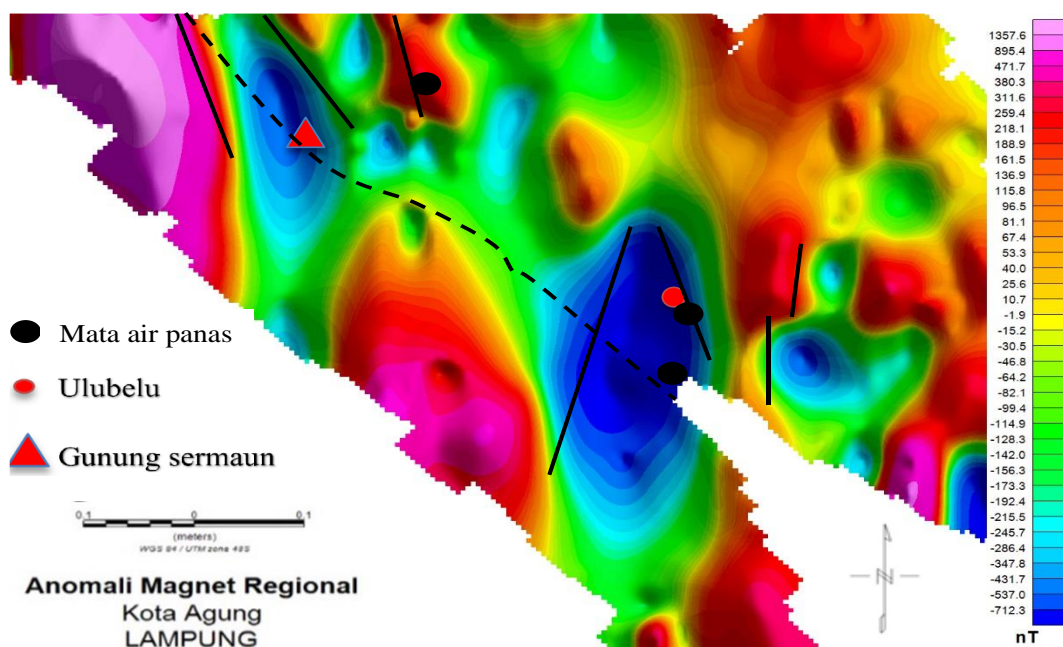
Interpretasi tentang struktur bawah permukaan pada lokasi penelitian, membutuhkan peta anomali magnet regional *horizontal derivative*. Analisis *horizontal derivative* dapat berguna untuk mengidentifikasi patahan-patahan pada lokasi penelitian. Keberadaan patahan dijadikan acuan dalam identifikasi jalur-jalur pergerakan *hidrotermal* menuju ke permukaan.

Gambar 5 merupakan anomali magnetik regional yang telah difilter menggunakan proses *First horizontal derivative* (turunan mendatar pertama) dengan tujuan untuk memperlihatkan kontak kontak batuan. Proses ini dapat berguna untuk identifikasi patahan patahan yang terdapat di kota Agung. Dari Gambar 5 dapat diidentifikasi adanya beberapa patahan pada daerah Ulubelu dan sekitar Gunung Sermaun yang diperkirakan terbentuk karena pengaruh dari pergerakan sesar semangko, hal ini dapat diidentifikasi berdasarkan arah dari patahan

tersebut, terlihat bahwa rata-rata patahan pada kota agung memiliki arah yang hampir sama yaitu mendekati arah tegak lurus terhadap sesar semangko. Dapat pula diidentifikasi berdasarkan skala warna anomali regional horizontal derivative yaitu warna merah hingga ungu muda menunjukkan adanya kontak litologi dangkal yang cukup kuat yang dapat diduga sebagai patahan, sesar semangko tidak dapat tergambar kan dengan jelas pada Gambar 5 dikarenakan horizontal derivative menampilkan kontak litologi dangkal.



Gambar 5. Peta anomali magnet regional horizontal derivative

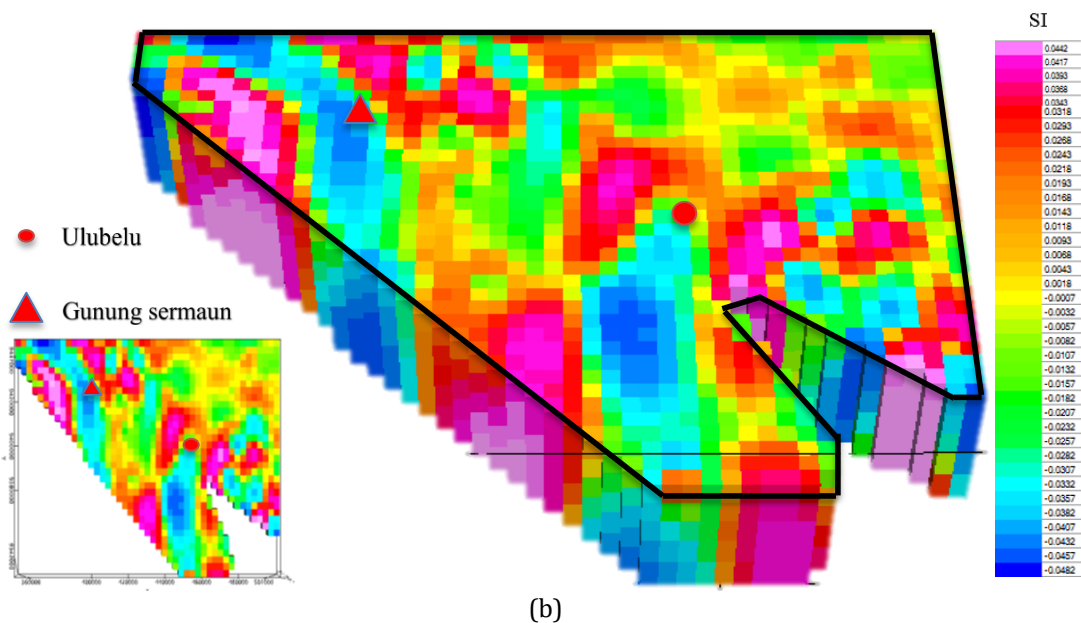
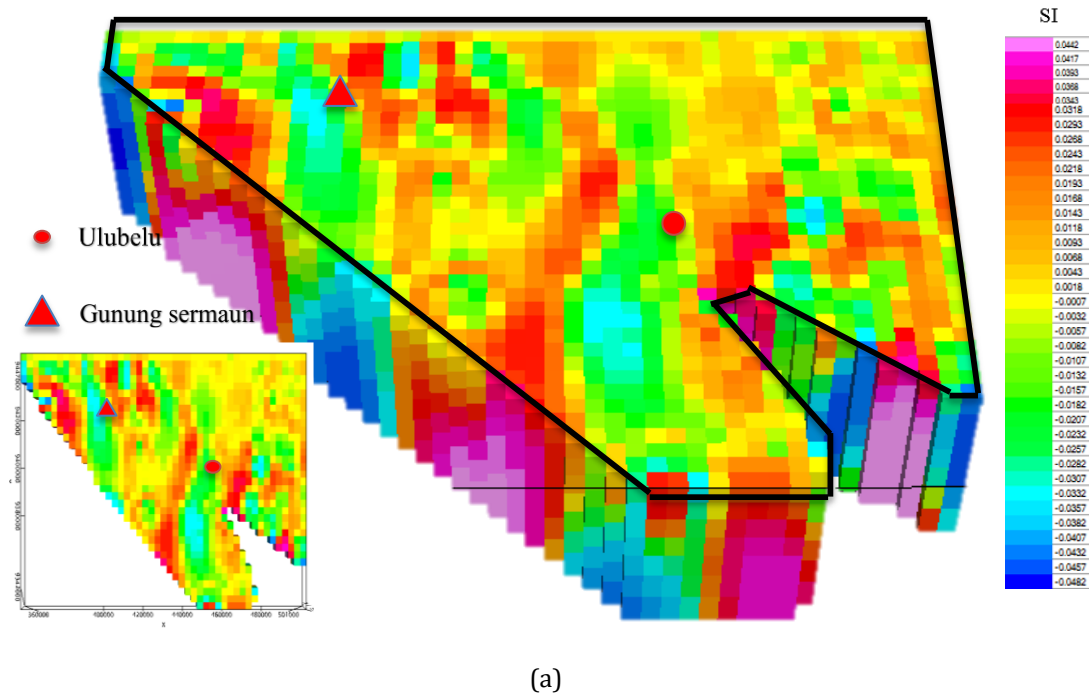


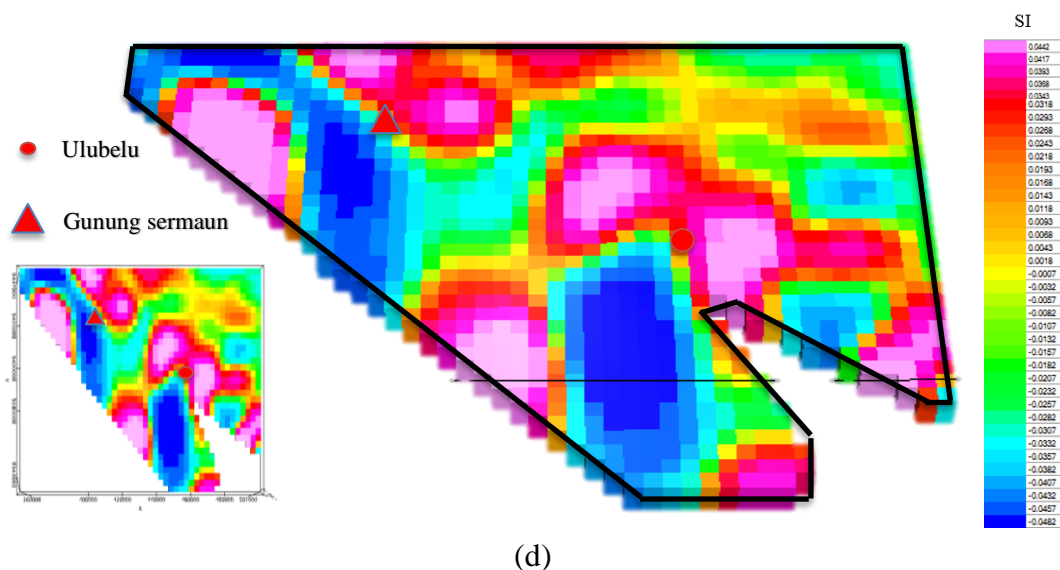
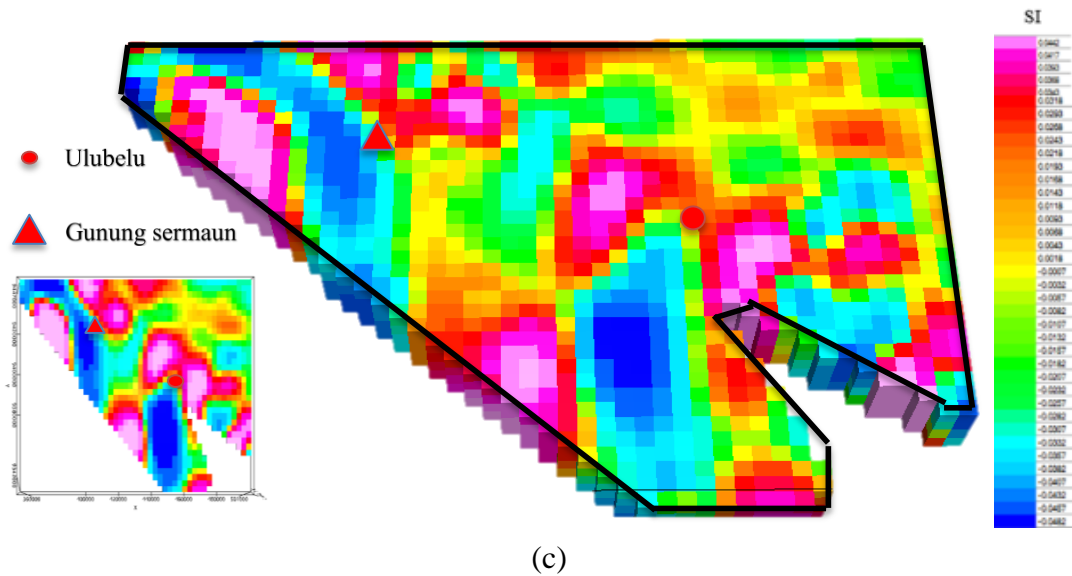
Gambar 6. Peta anomali regional beserta slice patahan

Gambar 6 memperlihatkan bahwa ada beberapa patahan yang berada disekitar daerah Ulubelu dan sekitaran Gunung Sermaun, oleh karena itu adanya patahan tersebut yang dapat diidentifikasi sebagai salah satu elemen dasar dari sistem panas bumi sebagai jalur naik nya fluida hidrothermal ke permukaan di Ulubelu dan sekitaran Gunung Sermaun.

3.5. Pemodelan inversi 3D

Pemodelan struktur bawah permukaan kota agung menggunakan pemodelan inversi 3 Dimensi menghasilkan model lapisan bawah permukaan Kota Agung dan sekitarnya dengan kedalaman 0 hingga 12.000 meter. ditunjukkan oleh Gambar 7 (a) hingga Gambar 7 (d) pada kedalaman 0, 3.000, 6.000 dan 12.000 meter lah yang terdapat kontras perubahan anomali.





Gambar 7. Pemodelan Inversi 3 Dimensi, (a) kedalaman 0 meter, (b) kedalaman 3000 meter, (c) kedalaman 6000 meter, (d) Kedalaman 12000 meter

Gambar 7 (a) merupakan hasil pemodelan inversi pada lapisan 0 meter. Terlihat anomali tinggi yang ditunjukkan oleh warna kuning sampai merah mendominasi lokasi kota agung, yang tentunya jika dikaitkan dengan peta geologi akan memiliki kesesuaian dikarenakan Kota Agung merupakan kota yang didominasi oleh batuan gunung api kuartar yang seharusnya memiliki nilai anomali magnetik yang tinggi tetapi tetap terlihat adanya dua anomali rendah yang kuat dengan nilai suseptibilitas sebesar $-0,004$ SI sampai $-0,008$ SI di daerah ulubelu dan sekitaran gunung sermaun.

Gambar 7 (b) menunjukkan nilai anomali magnetik kota agung pada kedalaman 3000 meter, pada kedalaman 3000 meter ini terlihat adanya penguatan nilai anomali yang cukup kontras pada anomali magnetik tinggi yang

menandakan bahwa pada kedalaman 3000 meter diduga terdapat banyaknya batuan batuan beku vulkanik seperti breksi gunung api, basal dan andesit. Sedangkan pada anomali magnetik rendah mulai adanya penguatan hingga terlihat adanya anomali yang lebih rendah dari sebelumnya, anomali rendah ini memiliki nilai suseptibilitas yang bernilai $-0,0121$ SI sampai $-0,02$ SI yang menunjukkan bahwa pada kedalaman 3000 meter mulai terdeteksinya reservoir panas bumi di Kota agung. Jika diperhatikan dengan seksama bahwa anomali terendah pada kedalaman 3000 meter tersebut berada tidak tepat dibawah dearah Ulubelu dan sekitaran gunung Sermaun.

Hal ini dapat diindikasikan bahwa pada kedalaman 0 hingga 3000 meter terdapat lapisan impermeabel yang diinterpretasi berupa breksi

vulkanik, basal, andesit dan lain sebagainya yang menyebabkan sulitnya panas bumi untuk naik hingga ke lapisan yang lebih dangkal. Kemudian dikarenakan adanya beberapa patahan minor pada daerah Ulubelu dan sekitaran gunung Sermaun sehingga terbentuknya rekahan, retakan dan atau celah sehingga panas bumi tersebut dapat mencapai ke kedalaman yang cukup dangkal dimana patahan atau rekahan itu berada, yang dapat ditunjukkan oleh anomali magnetik rendah pada Gambar 6. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada kedalaman 3000 meter inilah diduga terletaknya reservoir panas bumi kota agung yang diduga terdiri dari batuan batuan sedimen seperti batu pasir, lempung, batu lempung, batu lanau dan batuan batuan dengan mineral penyusunnya berupa mineral non magnetik dengan rentang nilai $-0,005$ hingga $-0,002$ SI.

Selanjutnya tampilan lapisan pada kedalaman 6000 meter yang ditunjukkan oleh Gambar 7 (c), dapat terlihat adanya anomali dengan nilai terendah yaitu dengan nilai suseptibilitas $-0,0507$ SI yang dapat diinterpretasi bahwa indikasi awal lokasi tersebut adalah lokasi sumber panas bumi pada Kota Agung. Jika ditinjau berdasarkan geologi Kota Agung, lokasi sumber panas bumi tersebut berada dibawah gunung gunung vulkanik dan bersinggungan dengan sesar semangko yang berada di kota agung, tentu hal ini menguatkan hasil interpretasi pada pemodelan inversi 3 dimensi penelitian ini.

Terlihat bahwa pada kedalaman dari 6000 meter hingga 12000 meter (gambar 7 (c) dan Gambar 7 (d)) bahwa struktur lapisan bawah permukaan di Kota Agung cenderung sama dengan sedikit perbedaan kontras anomali medan magnet. Semakin dalam lapisannya maka kontras anomali tinggi ataupun anomali rendahnya semakin kontras luasan dan lokasinya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan, hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi panas bumi yang cukup besar di Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus dan sekitar Gunung Sermaun, Kabupaten Lampung Barat. Sedangkan

model Inversi 3D daerah panas bumi Kota Agung, Lampung dan sekitarnya menghasilkan model lapisan bawah permukaan dengan kedalaman hingga 12046 meter dan sebaran nilai suseptibilitas $0,0467$ SI hingga $-0,0058$ SI. Pada kedalaman 3000 meter terdapat lapisan reservoir dan diinterpretasi berupa batu pasir, batu lempung, batu lanau dan batuan yang mengandung mineral non magnetik dengan rentang nilai suseptibilitas $-0,005$ SI hingga $-0,002$ SI.

5. Pengakuan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para ahli magnetik di Pusat Survei Geologi yang telah memberikan ilmu tentang metode magnetik dan mengajari cara mengolah data magnetik yang digunakan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L., Surface Manifestation of *Geothermal System with Volcanic Heat Source*, In Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, 2000.
- [2] Amstead, H dan Christopher, H., *Geothermal Energy; Its Past, Present and Future Contribution to the Energy Needs of Man*, E. & F.N Spon, New York, 1983.
- [3] Sumintadireja, P, Vulkanologi dan *geothermal*, Diktat kuliah vulkanologi dan *geothermal*, Penerbit ITB, 2005.
- [4] Nasution, J.; Wahyono, H.; Setyanta, B.dan Hayat, D.Z., Peta Anomali Magnet Lembar Kota Agung, Sumatera., Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 2003.
- [5] Singarimbun, A.; Cyrke, A.D.N.B dan Riva, C.F., Penentuan Struktur Bawah Permukaan area Panas Bumi Patuha dengan Metode Magnetik, Jurnal Matematika dan Sains, Sulawesi Utara, 18:39-48, 2013.
- [6] Awaliyatun, Penentuan Struktur Bawah Permukaan Tanah Daerah potensi Panas Bumi Dengan Metode Geomagnetik di Tinggi Raja Kabupaten Simalungun, Universitas Medan, Jurnal Einstein, 3:1-8, 2015.